

PCT/BE03/00107522649

Rec'd PCT/PTO 21 JAN 2005 #2



Europäisches  
Patentamt

European  
Patent Office

Office européen  
des brevets

REC'D 20 OCT 2003

WIPO

PCT

Bescheinigung

Certificate

Attestation

Die angehefteten Unterla-  
gen stimmen mit der  
ursprünglich eingereichten  
Fassung der auf dem näch-  
sten Blatt bezeichneten  
europäischen Patentanmel-  
dung überein.

The attached documents  
are exact copies of the  
European patent application  
described on the following  
page, as originally filed.

Les documents fixés à  
cette attestation sont  
conformes à la version  
initialement déposée de  
la demande de brevet  
européen spécifiée à la  
page suivante.

Patentanmeldung Nr. Patent application No. Demande de brevet n°

02447140.1

Der Präsident des Europäischen Patentamts;  
Im Auftrag

For the President of the European Patent Office

Le Président de l'Office européen des brevets  
p.o.

R C van Dijk

BEST AVAILABLE COPY

**CONSEILS EN PROPRIETE INDUSTRIELLE**

Van Malderen, Lic. Chim. Lg (1,2,5)  
Meyers, Phys. Dipl. EPZF (1,3,5)  
Van Malderen, Ir. Civ. Phys. (1,2,5)  
Van Malderen, Lic. Sc. Biol. (2,5)  
(Diplôme C.E.I.P.I. Brevets)  
Stanislaus, Lic. Droit (5)  
Vandersteen, Bio Ir. (1,2)  
Desmet (5)

Lerho, Dr. Chim. Phys.  
Demaret-Prodhomme, Dr. Sc.  
Van Gysel, Burg. Ir. Electromec.  
Heck, Lic. Sc. Chim.  
Saellen, Lic. Rechten  
Van Bladel, Burg. Ir. Electr.  
Schoofs, Dr. Bio Ir.

**CONSULTANTS**

Stoops, Lic. Rechten (1,2)  
Nichels, Lic. Phys. Chim. (1,4)  
Matkowska, Ir. Electr.

=mandataire agréé Office Européen des Brevets  
=mandataire agréé Brevets Belgique  
=mandataire agréé Brevets Luxembourg  
=mandataire agréé Brevets France  
=mandataire agréé Marques Communautaires

Bruxelles, 1/09/2003



Member of Pro Novem Group

BE 03/00 124

• SERVICE PUBLIC FEDERAL ECONOMIE  
OFFICE DE LA PROPRIETE INTELLECT.  
North Gate III, 5e étage  
Bld du Roi Albert II, 16  
B-1000 BRUXELLES

BE 03/00 124 21 JAN 2005  
B-1083 Bruxelles (Belgique)  
Place Reine Fabiola 6/1  
Téléphone + 32 2 4263810  
Téléfax + 32 2 4263760  
E-mail vanmalderen@pronovem.com  
Web site www.pronovem.com  
T.V.A.: BE 473.077.314  
R.C. Bruxelles: 644.874

REC'D 20 OCT 2003

WIPO PCT

Re.: BREVET - Extension - O.M.P.I.  
Demande n° PCT/BE03/00124, déposée le 18/07/2003  
au nom de ION BEAM APPLICATIONS

V. Ref.

N. Ref. P.IBA . 32 /WO

Messieurs,

Afin de régulariser le dépôt de la demande de brevet reprise en rubrique, nous vous prions de bien vouloir trouver en annexe :

- le document de priorité EP 02447140.1

Nous vous prions d'agréer, Messieurs, l'expression de nos sentiments distingués.

OFFICE VAN MALDEREN

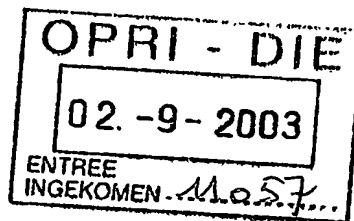
Joëlle VAN MALDEREN  
1003

Annexes : comme mentionné

G:\CHRONO\2003 9IP IBA 32 WO 3.doc  
G:\DOSSIER\PIBA\32\WO\2003 9 3.doc

**PRIORITY DOCUMENT**  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH  
RULE 17.1(a) OR (b)

23 SEP 2003



Reçu de m<sup>me</sup> Janssenmaepen 23/9

Office Van Malderen S.A./N.V.	Place Reine Fabiola 6/1	B-1083 Bruxelles	Tel.: +32 2 4263810	Fax: +32 2 4263760
Pro Novem Group	Bruges	Spoorwegstraat 20	Tel.: +32 50 406370	Fax: +32 50 396408
	Liège	Bd de la Sauvenière 85/043	Tel.: +32 4 2305400	Fax: +32 4 2229061
	France	10 Avenue de la Créativité	Tel.: +33 3 20561944	Fax: +33 3 20348241
	Luxembourg	B.P. 111 Route d'Arlon 261	Tel.: +352 313770	Fax: +352 313773
Banks:	Post Giro	BE63 0000 9180 1608	Fortis	BE16 2100 5964 7574
			Navia	BE22 5522 0244 0000



Anmeldung Nr:  
Application no.: 02447140.1  
Demande no:

Anmeldetag:  
Date of filing: 22.07.02  
Date de dépôt:

Anmelder/Applicant(s)/Demandeur(s):

ION BEAM APPLICATIONS S.A.  
Chemin du Cyclotron, 3  
1348 Louvain-la-Neuve  
BELGIQUE

Bezeichnung der Erfindung/Title of the invention/Titre de l'invention:  
(Falls die Bezeichnung der Erfindung nicht angegeben ist, siehe Beschreibung.  
If no title is shown please refer to the description.  
Si aucun titre n'est indiqué se référer à la description.)

Cyclotron muni de nouveaux moyens d'inflexion du faisceau de particules

In Anspruch genommene Priorität(en) / Priority(ies) claimed /Priorité(s)  
revendiquée(s)  
Staat/Tag/Aktenzeichen/State/Date/File no./Pays/Date/Numéro de dépôt:

Internationale Patentklassifikation/International Patent Classification/  
Classification internationale des brevets:

H05H13/00

Am Anmeldetag benannte Vertragsstaaten/Contracting states designated at date of  
filing/Etats contractants désignées lors du dépôt:

AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR IE IT LI LU MC NL PT SE SK TR

5

CYCLOTRON MUNI DE NOUVEAUX MOYENS D'INFLEXION DU FAISCEAU  
DE PARTICULES

10 Objet de l'invention

[0001] La présente invention vise à proposer un cyclotron muni d'un nouveau type d'infecteur utilisé pour "infléchir" un faisceau de particules chargées injectées axialement par un dispositif d'injection ou injecteur vers  
15 le plan médian du cyclotron.

Etat de la technique

[0002] Les cyclotrons sont des accélérateurs de particules chargées utilisés en particulier pour la  
20 production d'isotopes radioactifs. Ces cyclotrons sont basés sur les principes élémentaires de la force de Lorenz :  $F = qv \times B$  qui induit le fait qu'une particule chargée décrit essentiellement un arc de cercle dans un champ magnétique uniforme perpendiculaire au plan dans  
25 lequel la particule chargée se déplace.

[0003] Les cyclotrons se composent de plusieurs ensembles principaux distincts, tels que l'électro-aimant qui assure le guidage des particules chargées, le résonateur haute fréquence qui assure l'accélération  
30 desdites particules et enfin le système d'injection desdites particules dans le cyclotron.

[0004] La combinaison des différents moyens permet de réaliser une accélération des particules chargées qui

vont décrire dans le plan médian du cyclotron (perpendiculaire au champ magnétique) une trajectoire présentant approximativement une forme de spirale de rayon croissant autour de l'axe central (vertical) du cyclotron  
 5 qui est perpendiculaire au plan médian.

[0005] Dans les cyclotrons modernes de type isochrone, les pôles de l'électro-aimant sont divisés en secteurs présentant alternativement un entrefer réduit et un entrefer plus grand. La variation azimutale du champ  
 10 magnétique qui en résulte a pour effet d'assurer la focalisation verticale et horizontale du faisceau au cours de l'accélération.

[0006] Parmi les cyclotrons isochrones, il convient de distinguer les cyclotrons de type compact, qui sont  
 15 énergétisés par une paire de bobines circulaires principales et les cyclotrons dits à secteurs séparés, où la structure magnétique est divisée en unités séparées entièrement autonomes.

[0007] Le résonateur haute fréquence est quant à lui  
 20 constitué par les électrodes accélératrices, appelées fréquemment "dées" pour des raisons historiques. On applique ainsi aux électrodes une tension alternative de plusieurs dizaines de kilovolts à la fréquence de rotation des particules dans l'aimant.

25 [0008] Ces particules chargées accélérées par un cyclotron peuvent être des particules positives, tels que des protons, ou des particules négatives, telles que des ions  $H^-$ .

[0009] Ces dernières particules (les ions  $H^-$  en  
 30 l'occurrence) sont extraites en effectuant une conversion des ions négatifs en ions positifs en faisant passer ceux-ci à travers une feuille, par exemple de carbone, qui

a pour fonction de dépouiller les ions négatifs de leurs électrons.

[0010] Néanmoins l'accélération de telles particules négatives présente des difficultés importantes.

5 [0011] Le principal inconvénient réside dans le fait que les ions négatifs sont fragiles et sont de ce fait facilement dissociés par des molécules de gaz résiduel ou par les champs magnétiques importants traversés à haute énergie et présents dans le cyclotron.

10 [0012] De ce fait, il est impératif que le vide présent dans le cyclotron soit très poussé.

[0013] De même, le dispositif d'injection et la source sont, pour ces raisons, situés à l'extérieur du cyclotron. Ceci permet d'éviter toute pollution de  
15 l'entrefer du cyclotron.

[0014] Une autre raison pour laquelle les dispositifs d'injection et source sont disposés à l'extérieur du cyclotron réside dans l'exiguïté de l'espace disponible au sein même du cyclotron.

20 [0015] Habituellement, les dispositif d'injection et source sont disposés directement au-dessus de l'axe central du cyclotron de manière à injecter les particules générées selon une direction essentiellement verticale vers le centre du cyclotron, où elles seront infléchies  
25 progressivement afin d'être dirigées dans le plan médian (horizontal) du cyclotron où elles subiront les diverses accélérations.

[0016] C'est pour cette raison que les cyclotrons sont appelés des cyclotrons à injecteur axial.

30 [0017] Il convient de noter que le dessin naturel du champ magnétique régnant dans le cyclotron étant lui-même vertical, l'injection du faisceau de particules se fera donc selon les lignes du champ magnétique et les particules

ne seront pas défléchies si on ne perturbe pas ledit champ magnétique.

[0018] Selon l'état de la technique, pour diriger le faisceau de particules de manière adéquate dans le plan médian, c'est-à-dire perpendiculairement à la direction d'injection, on propose de disposer dans le cyclotron des inflecteurs, qui infléchissent progressivement le faisceau.

[0019] Selon l'état de la technique, les inflecteurs connus sont des inflecteurs électrostatiques qui sont essentiellement constitués d'une électrode négative et d'une électrode positive entre lesquelles par une différence de potentiel un champ électrique est créé. Celui-ci va progressivement infléchir le faisceau de particules jusqu'à le positionner correctement de manière tangentielle dans le plan médian du cyclotron et donc perpendiculairement par rapport à sa direction d'arrivée.

[0020] En réalité, le faisceau de particules effectue un mouvement en spirale.

[0021] En effet, dès que sous l'effet du champ électrique essentiellement axial, régnant entre les électrodes à l'entrée de l'inflecteur électrostatique, les particules chargées acquièrent une composante de vitesse dans le plan horizontal, en étant soumises à la force de Lorentz.

[0022] La combinaison des deux composantes génère un mouvement en spirale du faisceau de particules au sein de la partie centrale du cyclotron.

[0023] Des exemples de tels dispositifs sont décrits abondamment dans la littérature. En particulier, le document NL - A - 9302257 décrit ce type d'inflecteur.

[0024] La présence d'un tel inflecteur destiné à permettre l'introduction du faisceau de particules par l'axe central (vertical) génère la présence d'un trou dans

l'entrefer et perturbe de ce fait le champ magnétique vertical.

[0025] Les autres inconvénients résident dans le fait que ces électrodes doivent être soumises à une  
5 différence de potentiel d'autant plus importante que l'intensité du faisceau de particules sera importante.

[0026] Or la tendance actuelle est de vouloir augmenter l'intensité des faisceaux qui est pour l'instant  
comprise entre 300 et 500  $\mu\text{A}$  jusqu'à des valeurs qui  
10 peuvent atteindre quelques mA.

[0027] Un autre problème important réside dans le fait que pour augmenter l'intensité du faisceau de  
particules, on augmente la charge d'espace, c'est-à-dire la densité de charge électrique provoquant ainsi la  
15 répulsion électrostatique des charges et par là un élargissement du faisceau (charges électriques provoquées par la présence de nombreuses particules chargées qui se repoussent mutuellement dans un espace, causant ainsi une  
augmentation de la taille du faisceau). Cette charge  
20 d'espace dépend bien entendu de l'intensité de la vitesse du faisceau. Pour diminuer la charge d'espace, il est donc nécessaire d'augmenter la vitesse des particules chargées à partir du dispositif d'injection et donc la tension d'injection.

25 [0028] Ceci signifie qu'il serait également nécessaire d'augmenter les tensions des électrodes de l'inflexeur qui sont de l'ordre de 5 kV pour l'instant, à des valeurs proches de 15 kV, voire plus, par exemple quelques dizaines de kilovolts.

30 [0029] Ceci, bien entendu, serait la cause de toute une série de problèmes inhérents aux électrodes, comme particulièrement des problèmes d'isolation insuffisante ou de claquage desdites électrodes.



[0030] Un dernier problème provient du fait de la symétrie de révolution du cyclotron isochrone qui comprend une alternance de collines et de vallées.

[0031] Pour ce type de cyclotrons, la focalisation  
 5 s'effectue par gradients alternés et est particulièrement délicate au centre du cyclotron du fait que l'effet de modulation du champ dû aux collines et vallées disparaît au centre du cyclotron. Pour remédier à ce manque de focalisation, on souhaite placer une bosse de champ à cet  
 10 endroit. La présence du trou axial requis par l'injection du faisceau s'oppose à la création d'une telle bosse de champ.

#### Buts de l'invention

15 [0032] La présente invention vise à proposer une solution qui permette de surmonter les différents inconvénients de l'état de la technique.

[0033] La présente invention vise en particulier à proposer un cyclotron présentant un nouveau type  
 20 d'inflécteur qui permet d'infléchir progressivement le faisceau de particules chargées provenant d'un dispositif d'injection ou injecteur extérieur disposé axialement par rapport au centre du cyclotron vers le plan médian dudit cyclotron en vue de les soumettre aux accélérations.

25 [0034] Plus précisément, la présente invention vise à proposer un cyclotron muni d'un nouveau type d'inflécteurs qui permet de résoudre le problème de la présence d'une « bosse » de champ au centre dudit cyclotron dans le cas d'un cyclotron isochrone.

### Principaux éléments caractéristiques

[0035] La présente invention se rapporte à un cyclotron destiné à l'accélération d'un faisceau de particules chargées présentant un injecteur dit axial, c'est-à-dire disposé à l'extérieur du cyclotron et perpendiculairement par rapport au plan médian et selon l'axe central dudit cyclotron, qui combiné à des moyens d'inflexion qui infléchissent le faisceau de particules progressivement permet de le positionner le faisceau dans le plan médian, où les particules subiront de manière classique les accélérations nécessaires. Ces moyens d'inflexion sont disposés essentiellement à l'intersection du plan médian et de l'axe du cyclotron.

[0036] Selon la présente invention, ces moyens d'inflexion sont constitués par un inflecteur magnétique, c'est-à-dire un ou des éléments qui permettent de donner une composante horizontale ou radiale au champ magnétique, de manière à guider le faisceau de particules chargées progressivement vers le plan médian.

[0037] Selon une première forme d'exécution, on choisit simplement comme moyens d'inflexion des éléments ferro-magnétiques disposés de manière à créer un champ d'induction présentant une composante horizontale ou radiale et qui sont solidaires des pôles du cyclotron.

[0038] Selon une autre forme d'exécution préférée, on utilise des anneaux ou rondelles constitués de blocs collés d'un matériau ne modifiant pas le champ magnétique axial.

[0039] Ce matériau est de préférence un aimant permanent fort réalisé dans un alliage tel un alliage Samarium-Cobalt ou Néodyme-Fer-Bore.

[0040] En disposant correctement ces anneaux ou rondelles, on prévoit de donner une composante horizontale ou radiale au champ magnétique en permettant ainsi de

guider le faisceau de particules chargées, de manière à ce qu'il s'infléchisse progressivement vers le plan médian.

#### Brève description des figures

- 5 [0041] La figure 1 représente une vue schématique en perspective d'un cyclotron isochrone dans lequel un inflecteur selon la présente invention pourra être utilisé.
- [0042] La figure 2 décrit une vue en coupe d'un tel cyclotron.
- 10 [0043] La figure 3a et 3b représentent une vue détaillée en plan et en perspective d'une première forme d'exécution d'un inflecteur selon la présente invention.
- [0044] La figure 4 représente une vue détaillée d'une seconde forme d'exécution d'un inflecteur selon la
- 15 présente invention.
- [0045] La figure 5 montre un anneau en Sm-Co utilisée selon une forme d'exécution préférée de l'invention décrite à la figure 4.

#### 20 Description détaillée de plusieurs formes d'exécution de l'invention

- [0046] Les figures 1 et 2 décrivent un exemple d'un cyclotron qui peut utiliser les inflecteurs selon les diverses formes d'exécution décrites ci-dessous.
- 25 [0047] Le cyclotron 1, tel que représenté, est un cyclotron isochrone compact tel le cyclone 30 produit par la demanderesse destiné à l'accélération de particules négatives, tels que des  $H^-$ .
- [0048] La structure magnétique du cyclotron 1
- 30 représentée à la Fig. 1 de manière verticale dans la description qui suit cette structure magnétique est disposée de manière que le plan médian soit essentiellement horizontal. Elle se compose d'un certain nombre d'éléments

réalisés en un matériau ferro-magnétique et de bobines 6 réalisées dans un matériau conducteur ou supra-conducteur.

[0049] La structure ferro-magnétique comprend de manière classique :

- 5 - deux plaques de base appelées culasses 2 et 2',
- au moins trois secteurs 3 supérieurs appelés collines et un même nombre de secteurs inférieurs 3' situés symétriquement par rapport à un plan de symétrie 10, appelé plan médian aux secteurs supérieurs 3, et qui
- 10 sont séparés par un faible entrefer 8, et définissant entre deux collines consécutives un espace où l'entrefer est de dimension plus élevée et qui est appelé vallée 4,
- au moins un retour de flux 5 réunissant de façon rigide, la culasse inférieure 2 à la culasse supérieure 2'.

15 [0050] Les bobines 6 sont de forme essentiellement circulaire et sont localisées dans l'espace annulaire laissé entre les secteurs 3 et 3' et les retours de flux 5.

[0051] Un dispositif d'injection 100 est disposé de manière essentiellement axiale, c'est-à-dire à une certaine

20 distance à l'extérieur du cyclotron par rapport au plan médian 10. De manière adéquate, ce dispositif d'injection est situé dans le prolongement de l'axe central du cyclotron.

[0052] Un conduit central 20 est alors créé dans la

25 culasse, par exemple supérieure, de manière à permettre que les particules chargées soient injectées au centre de l'appareil.

[0053] De cette manière, le faisceau de particules chargées sera injecté dans ledit conduit et sera ensuite

30 dirigé à l'aide d'éléments d'inflexion jusqu'à se positionner dans le plan médian dudit cyclotron.

[0054] Dans ce but, un inflecteur 30 est disposé essentiellement dans l'entrefer au niveau du conduit

central et permettra d'infléchir progressivement le faisceau de particules provenant du dispositif d'injection 100 vers le plan médian 10.

[0055] Selon la présente invention, le cyclotron  
5 présente des moyens d'inflexion ou un inflecteur magnétiques. La caractéristique essentielle de la présente invention réside donc dans le fait que ce genre d'inflecteur ne génère pas de champ électrique au centre du cyclotron. L'inflecteur selon la présente invention est  
10 composé de matériaux magnétiques, c'est-à-dire de matériaux ferro-magnétiques ou d'aimants permanents, qui vont perturber le champ magnétique axial du cyclotron, en créant ainsi une composante horizontale ou radiale dudit champ qui va infléchir progressivement le faisceau selon le trajet  
15 souhaité.

[0056] Selon une première forme d'exécution décrite aux figures 3a et 3b, un tel inflecteur est constitué de pièces formant le circuit magnétique dans la zone centrale du cyclotron. Ces pièces sont solidaires des pôles et sont  
20 réalisées en un matériau ferro-magnétique permettant d'introduire une composante radiale au champ magnétique.

[0057] Selon cette forme d'exécution préférée, les moyens d'inflexion sont constitués d'un premier élément 31 en forme de cône et dont l'axe de symétrie coïncide avec  
25 l'axe 22 du cyclotron et d'un deuxième élément 33 essentiellement sous la forme d'un anneau, avec le même axe de symétrie, et qui entoure essentiellement le cône 31, de manière à former un espace annulaire 34 entre les deux éléments 31 et 33. Ces éléments sont nécessairement  
30 réalisés en un matériau ferro-magnétique, tel qu'un acier à bas taux de carbone ou un alliage fer-cobalt.

[0058] Leur disposition va créer une perturbation du champ magnétique 25 entre les pôles du cyclotron qui va permettre l'inflexion souhaitée du faisceau 26 selon un

trajet essentiellement en forme de spirale jusqu'à le positionner de manière adéquate dans le plan médian.

[0059] Pour arriver à ce résultat, une composante radiale du champ magnétique est donc créée par les moyens d'inflexion. On voit, comme représenté à la figure 3a, qu'une telle composante radiale sera créée grâce à la forme spécifique des éléments 31 et 33.

[0060] Le faisceau de particules aura tendance à s'infléchir selon un trajet en forme de spirale ou hélice tel que représenté à la Fig. 3b.

[0061] Du fait que le faisceau arrive essentiellement par la partie supérieure située au-dessus des éléments d'inflexion, il doit être légèrement défléchi par rapport à l'axe central (et vertical) du cyclotron lors de son passage entre lesdits moyens d'inflexion. Dans ce but, des bobines de guidage 28 ou d'autres dispositifs de déflexion adéquats doivent être présents au-dessus des éléments d'inflexion.

[0062] Selon une autre forme d'exécution décrite à la figure 4, les moyens d'inflexion sont constitués par des anneaux ou rondelles qui permettent également de donner une composante horizontale au champ magnétique. Lesdits anneaux 40 sont construits à partir de petits éléments 41 qui sont de préférence des aimants Samarium-Cobalt.

[0063] Comme représenté à la figure 5, chaque anneau est réalisé à partir d'éléments 41, qui sont tous des aimants permanents avec des orientations individuelles du champ magnétique qui évoluent progressivement le long du périmètre de l'anneau.

[0064] De cette manière, un champ uniforme 42 est réalisé à l'intérieur de l'anneau 40. Grâce aux caractéristiques du matériau utilisé, un anneau tel que représenté à la figure 5, disposé au centre du cyclotron, ne perturbera pas le champ magnétique essentiellement axial

(vertical) qui est présent dans l'entrefer du cyclotron, à l'exception de l'espace situé à l'intérieur de l'anneau. A cet endroit, une composante additionnelle du champ magnétique est créée. En disposant adéquatement lesdits  
5 anneaux, on pourra infléchir progressivement le faisceau de particules jusqu'à le disposer dans le plan médian.

[0065] La solution, telle que représentée à la figure 4 et 5 et qui correspond à la seconde forme d'exécution, permet par la disposition d'une série  
10 d'aimants en forme d'anneaux au centre du cyclotron d'infléchir progressivement le faisceau provenant de l'injecteur axial selon un trajet formé par le point central des anneaux successifs. Ce trajet est symbolisé par une spirale.

15 [0066] Selon cette dernière forme d'exécution, la solution présentera l'avantage de ne pas exiger la présence de dispositifs de déflexion, telles que des bobines de guidage, en amont des éléments d'inflexion.

[0067] Un exemple d'exécution permet d'envisager  
20 l'accélération de particules  $H^-$  dans un cyclotron de 115 MeV pour une énergie d'injection de 80 kV. Le champ magnétique au centre sera  $B_c = 0,811$  T avec une rigidité magnétique de 4,15 T.cm. Le rayon du centre du cyclotron sera 5,12 cm et le rayon de raccordement sera compris entre  
25 6 et 7 cm.

REVENDEICATIONS

1. Cyclotron (1) destiné à l'accélération d'un faisceau (16) de particules chargées circulant dans le plan médian (10) se présentant essentiellement sous la forme de deux pôles induisant un champ magnétique et possédant un injecteur (100) dit axial, c'est-à-dire un injecteur disposé à l'extérieur du cyclotron essentiellement selon l'axe principal (22) du cyclotron et donc perpendiculairement au plan médian de celui-ci et qui est combiné à des moyens d'inflexion (30 ou 40) qui permettent d'infléchir le faisceau de particules jusqu'à le positionner dans le plan médian, caractérisé en ce que les moyens d'inflexion sont constitués par un inflecteur magnétique.

2. Cyclotron selon la revendication 1, caractérisé en ce que les moyens d'inflexion donnent une composante horizontale ou radiale au champ magnétique au niveau du centre du cyclotron permettant ainsi de guider le faisceau de particules chargées de manière à ce qu'il s'infléchisse progressivement vers le plan médian.

3. Cyclotron selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que les moyens d'inflexion sont constitués par des éléments ferro-magnétiques (31 et 33), de préférence solidaires aux deux pôles.

4. Cyclotron selon la revendication 3, caractérisé en ce que lesdits moyens d'inflexion comprennent un premier élément en forme de cône (31) et un second élément en forme d'anneau (33) entourant une partie dudit cône.

5. Cyclotron selon la revendication 4, dans lequel les axes de symétrie desdits éléments coïncident avec l'axe de symétrie du cyclotron.



6. Cyclotron selon l'une quelconque des revendications 3 à 5, caractérisé en ce qu'il comprend en outre en amont des moyens d'inflexion des éléments de guidage (28) dudit faisceau.

5                   7. Cyclotron selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que les moyens d'inflexion sont constitués par des anneaux ou rondelles (40) assemblés à partir d'éléments individuels qui sont des aimants permanents.

10                   8. Cyclotron selon la revendication 7, dans lequel lesdits aimants permanents sont réalisés en un alliage tel un alliage Samarium-Cobalt ou Neodyme-Fer-Bore.

                  9. Cyclotron selon la revendication 8 ou 9, dans lequel lesdits moyens d'inflexion sont constitués  
15 d'une série d'anneaux dont les points centraux forment une trajectoire en forme de spirale ou hélice.

ABREGECYCLOTRON MUNI DE NOUVEAUX MOYENS D'INFLEXION DU FAISCEAU  
DE PARTICULES

5

La présente invention se rapporte à un cyclotron destiné à l'accélération d'un faisceau de particules chargées circulant dans le plan médian se présentant essentiellement sous la forme de deux pôles  
10 induisant un champ magnétique et possédant un injecteur dit axial, c'est-à-dire un injecteur disposé à l'extérieur du cyclotron essentiellement selon l'axe principal du cyclotron et donc perpendiculairement au plan médian de celui-ci et qui est combiné à des moyens d'inflexion qui  
15 permettent d'infléchir le faisceau de particules jusqu'à le positionner dans le plan médian, caractérisé en ce que les moyens d'inflexion sont constitués par un inflecteur magnétique.

20

(Figure 3b)

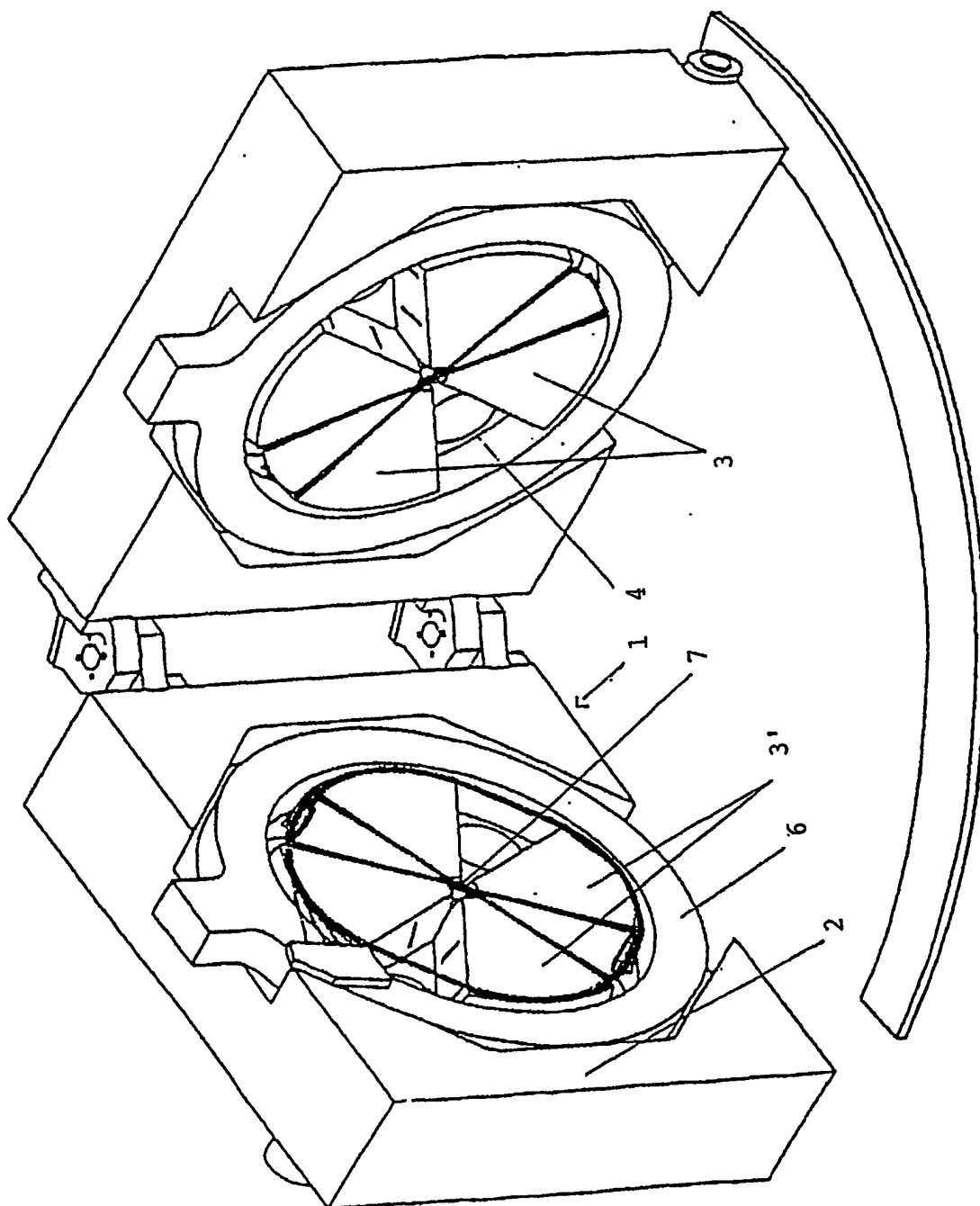


FIG. 1



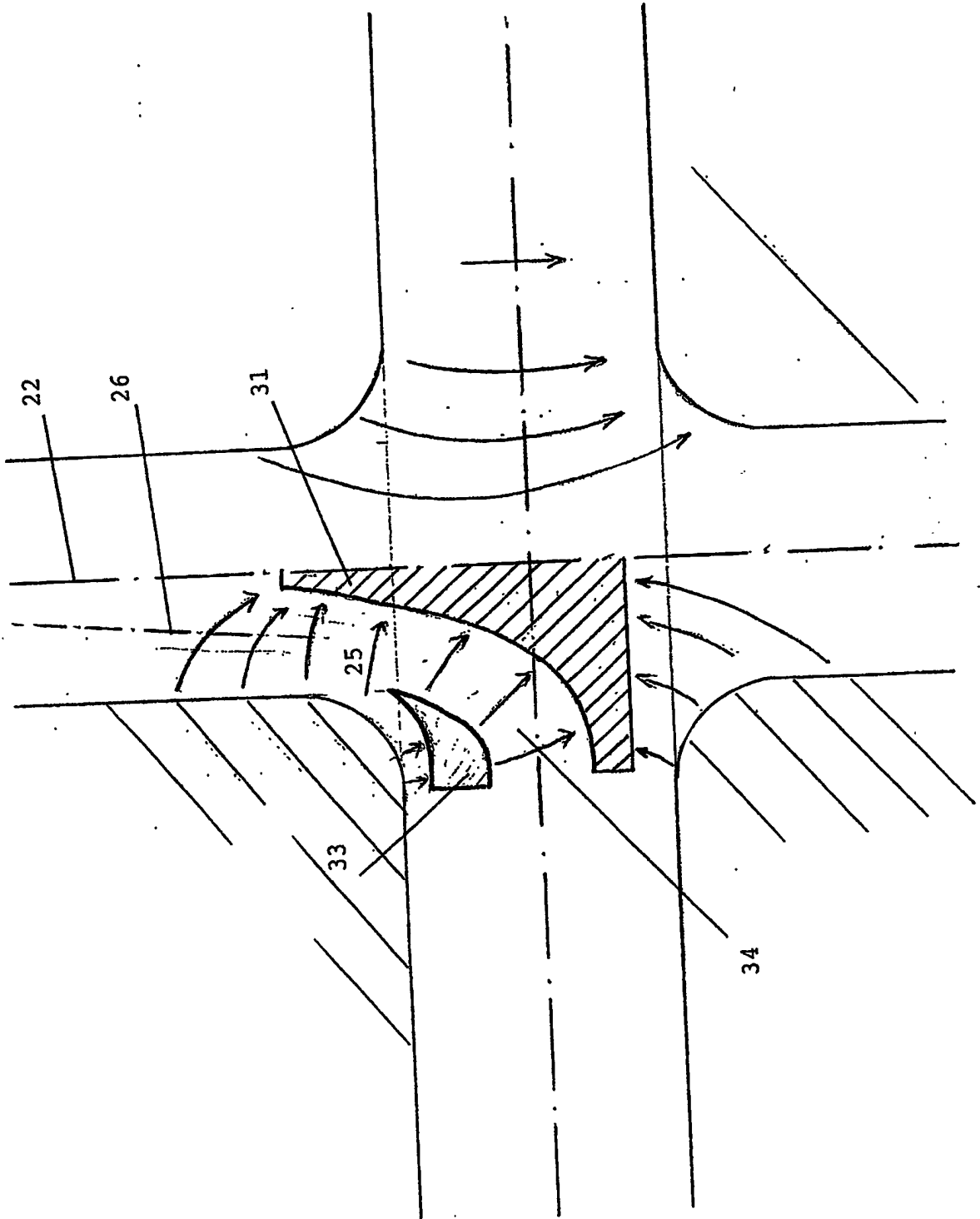


FIG. 3a

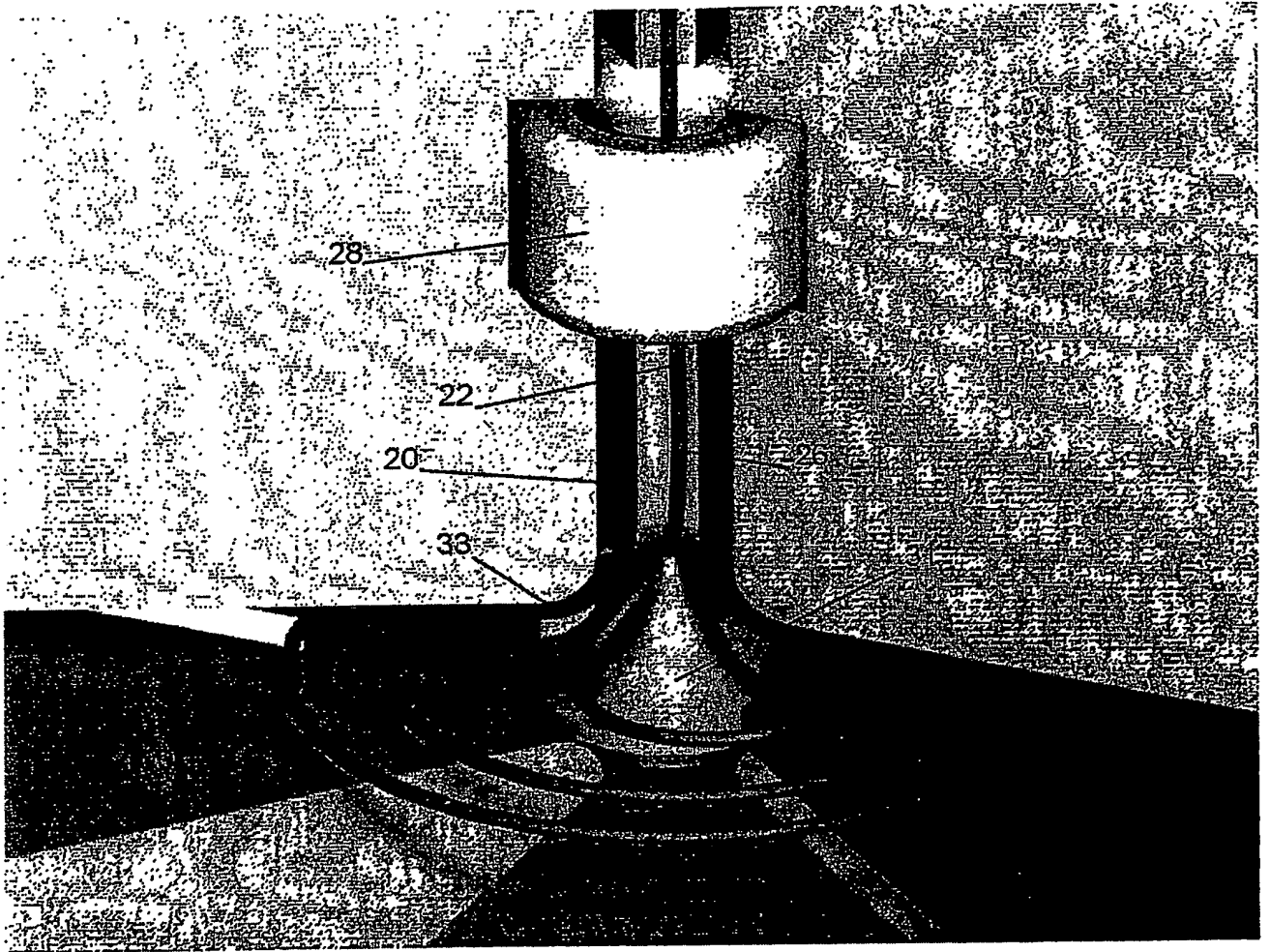


FIG. 3b

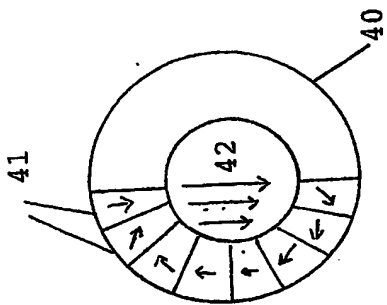
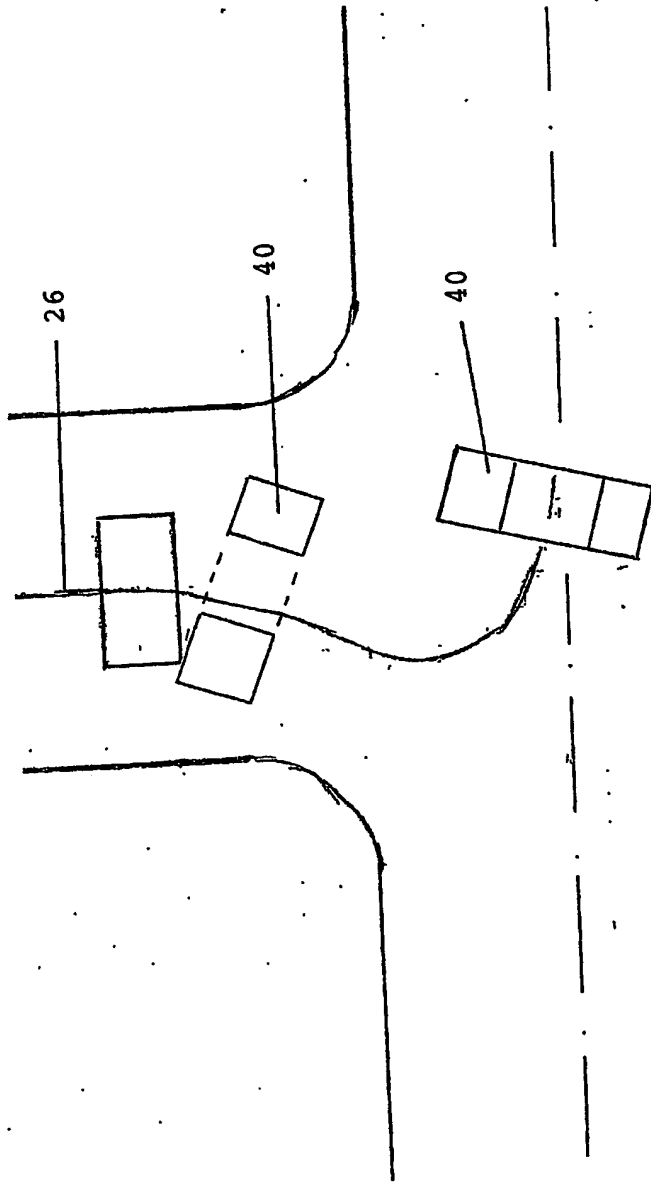


FIG. 5

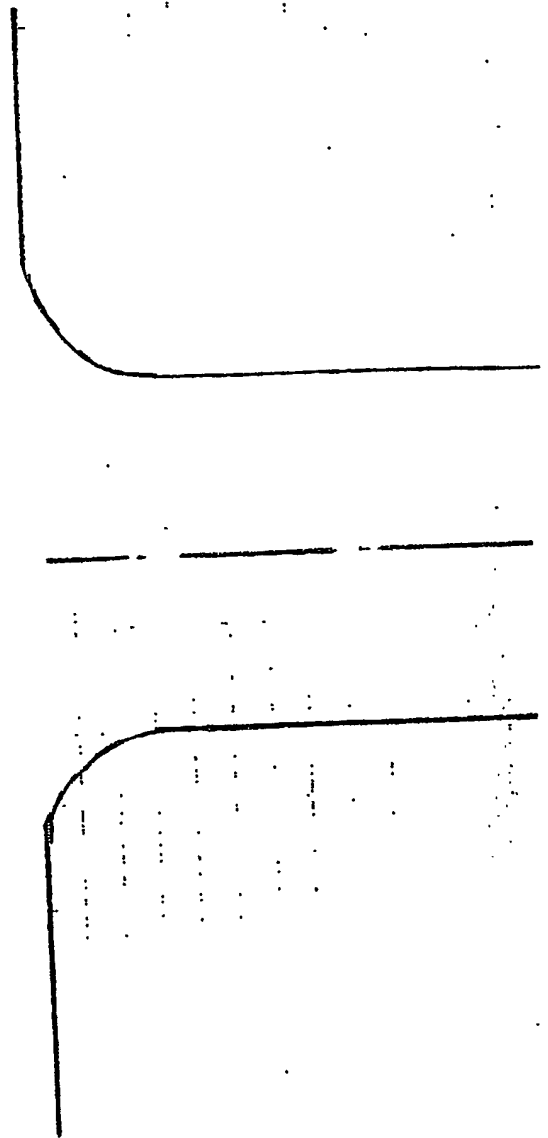


FIG. 4

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**